

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 55 687.3

**Anmeldetag:** 28. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines  
Multiträgersignals

**IPC:** H 04 L 27/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag



Schäfer

## Beschreibung

Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multiträgersignals

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multiträgersignals, und insbesondere ein Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines DMT- oder OFDM-Signals.

10

Multiträgersignale weisen in aller Regel ein großes Verhältnis von Signalmaximum zur Standardabweichung des Signals auf. Dieses Verhältnis auch als Crestfaktor bezeichnet, stellt hohe Anforderungen an Verstärker und Übertrager, um keine Sättigungseffekte zu riskieren, welche einen Datenverlust bedeuten könnten. Deshalb ist es gerade bei DMT-(discrete multi tone) und auch bei OFDM-(orthogonal frequency division multiplex) Signalen erforderlich diesen Crestfaktor zu verringern, um eine Sättigung des Verstärkers und Übertragers zu vermeiden und außerdem den Leistungsverbrauch des Verstärkers bzw. des Übertragers während der Übertragung zu reduzieren. Quadriert man den Crestfaktor, so erhält man die sogenannte PAR (Peak-to-Average Ratio), welche es aus obengenanntem Grund ebenfalls zu verringern gilt.

20

25

In Fig. 4 ist ein vereinfachtes Blockschaltbild einiger schematischer Elemente einer DMT- oder OFDM-Sendeeinrichtung dargestellt. Ein Datenstrom 10 wird einer inversen Fourier-Transformation in einer IFT-Einrichtung 11 unterzogen. Das Multiträgersignal 12 wird dann z.B. an einen Hochpassfilter 13 geleitet und dort gefiltert. Das gefilterte Ausgangssignal 14 wird dann einer Interpolationsstufe 15 bzw. einer Interpolationseinrichtung mit Tiefpassfilter zugeführt. Das gefilterte und interpolierte Ausgangssignal 16 wird dann in einem Block 17 in ein Analogsignal gewandelt und dann mit einem Tiefpass gefiltert, bevor das Ausgangssignal 18 dieser Wand-

30

35

lereinrichtung 17 mit Tiefpassfilter einer Verstärkereinrichtung (nicht dargestellt) weitergegeben wird.

DMT- und OFDM-Signale sind mit dem Nachteil versehen, dass  
5 das Verhältnis aus Maximum zur Standardabweichung (Crestfaktor) des Signals sehr groß ist. Um die Anforderungen an einen nachgeschalteten Ausgangsverstärker insbesondere was die Linearität und den Leistungsverbrauch der Verstärkereinrichtung betrifft, und an digitale Filter, was die Auflösung betrifft,  
10 sowie an D/A-Wandler zu senken, sind aus der Literatur verschiedene Verfahren bekannt, welche eine Verringerung des Crestfaktors ermöglichen. Gegenstand der meisten Verfahren ist es, die Reduktion des Crestfaktors direkt nach der IFT-Einrichtung 11 beispielsweise an Knoten 12' ansetzend vorzunehmen. Problematisch bei diesem Verfahren ist jedoch, dass  
15 der Crestfaktor durch die nachfolgenden Filter 13 und die Interpolation mit TP-Filterung in Block 15 wieder ansteigen. Um den Leistungsverbrauch des nachgeschalteten Verstärkers jedoch reduzieren zu können, ist es erforderlich, dass der Ausgangs-Crestfaktor des Signals 18 reduziert wird.  
20

Eine erfolgreichere Reduktion des Crestfaktors ist erzielbar, wenn die Reduktion nach der Interpolation in Block 15 also etwa an Knoten 16' ansetzend vorgenommen wird. Werner Henkel  
25 und Valentin Zrno stellen in dem anlässlich des 6. Internationalen OFDM-Workshops (InOWo) 2001 in Hamburg veröffentlichten Beitrag "PAR reduction revisited: an extension to Tellado's method" ein solches vorteilhaftes Verfahren vor, welches beispielsweise in dem veröffentlichten Beitrag  
30 "Further Results on Peak-to-Average Ratio Reduction" von Jose Tellado und John M. Cioffi erläutert wird. Gemäß dem Ansatz von Henkel wird dabei für jeden Datenrahmen bzw. Datenframe des Eingangssignals 10 der Maximalwert des Signales 16 nach der Interpolation in der Filtereinrichtung 15 bestimmt. Diese  
35 Information, d.h. der genaue Abtastwert des Maximalwerts des Signals (sowohl auf der Zeitachse bzw. in x-Richtung, als auch was die Amplitude des Maximalwertes also die y-Richtung

anbetrifft) wird benutzt, um das Ausgangssignal 12 der Transformationseinrichtung 11 z.B. an Punkt 12' ansetzend zu korrigieren.

5 Das korrigierte Signal wird dann wiederum durch das Hochpass-Filter 13 und die Interpolationseinrichtung 15 geschickt und falls erforderlich erfolgt eine Wiederholung der beschriebenen Schritte. Diese Realisierung gemäß Henkel auf Basis von Tellados Ansatz ist mit dem Nachteil versehen, dass bei jeder  
10 Iteration bzw. Wiederholung die gesamten Filter vom Hochpass 13 und der Interpolationseinrichtung 15 gerechnet werden müssen. Dies führt zu zeitaufwändigen Rechenoperationen und damit zu einer eingeschränkten praktischen Nutzbarkeit des Verfahrens gemäß dem Stand der Technik nach Henkel.

15

Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multiträgersignals bereitzustellen, welches mit geringem Rechenaufwand auskommt.

20

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebenen Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multiträgersignals gelöst.

25

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht im Wesentlichen darin, nur die Position und die ungefähre Höhe bzw. Amplitude des Maximalwertes des Signals nach der Interpolationseinrichtung 15 zu ermitteln. Auf diese Weise werden mit geringem Aufwand lediglich Schätzwerte des Signalmaximums berechnet, anstatt für jede Iteration diese Werte ex-  
30 akt zu berechnen. Diese Schätzung wird vorzugsweise mit verkürzten Filternachbildungen durchgeführt, welche die original Filterimpulsantworten modellieren.

35

In der vorliegenden Erfindung wird das eingangs erwähnte Problem insbesondere dadurch gelöst, dass ein Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multiträgersignals mit

den Schritten bereitgestellt wird: (a) Transformieren eines Signals mit einer IFT-Einrichtung; (b) Interpolieren und Filtern des Ausgangssignals mit einer Interpolationseinrichtung, die eine Filtereinrichtung aufweist; (c) Ermitteln eines Schätzwertes eines Signalmaximums des interpolierten und gefilterten Ausgangssignals aus dem eine Korrekturgröße abgeleitet wird; (d) Korrigieren des Ausgangssignals der IFT-Einrichtung mit der aus dem ermittelten Schätzwert des Signalmaximums abgeleiteten Korrekturgröße (32); und (e) iteratives Wiederholen der beiden letztgenannten Schritte bis eine vorbestimmte Iterationsanzahl und/oder ein vorbestimmter Crestfaktor erreicht ist.

In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Erfindungsgegenstandes.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung erfolgt zwischen Verfahrensschritt (a) und (c) ein Filtern des Ausgangssignals der IFT-Einrichtung mit einer Filtereinrichtung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird beim Ermitteln der Korrekturgröße aus dem Schätzwert des Signalmaximums des interpolierten und gefilterten Ausgangssignals das Ausgangssignal der IFT-Einrichtung oder gegebenenfalls das korrigierte Ausgangssignal, wenn eine Iteration durchlaufen wird, in einer Speichereinrichtung einer PAR-Reduktionseinrichtung zwischengespeichert.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird beim Ermitteln der Korrekturgröße aus dem Schätzwert des Signalmaximums des interpolierten und gefilterten Ausgangssignals das Ausgangssignal der IFT-Einrichtung oder gegebenenfalls das korrigierte Ausgangssignal, wenn eine Iteration durchlaufen wird, in einer Nachbildungseinrichtung der Einfluss der Filtereinrichtung und der Interpolationseinrichtung, welche eine Filtereinrichtung aufweist, auf das Ausgangssignal der IFT-Einrichtung oder auf das korrigierte Signal abgeschätzt, um

ein Nachbildungssignal in der PAR-Reduktionseinrichtung zu erzeugen.

5 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird aus dem Nachbildungssignal in einer Detektionseinrichtung der PAR-Reduktionseinrichtung die Korrekturgröße aus dem Schätzwert des Signalmaximums bestimmt, welche mit einem normierten Dirac-ähnlichen Signal abtastpositions-synchronisiert multipliziert wird, welches mit dem in der Speichereinrichtung zwischengespeicherten Signal summiert wird.

15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden in einem Iterationsschritt mehrere Korrekturgrößen aus dem Schätzwert des Signalmaximums ermittelt und mit dem in der Speichereinrichtung zwischengespeicherten Signal summiert.

20 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird bei der Ermittlung des Schätzwertes in der PAR-Reduktionseinrichtung die Bitbreite und somit die Auflösung des Ausgangssignals der IFT-Einrichtung reduziert.

25 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden nur eine Hälfte der Abtastwerte des nachgebildeten Signals zur Bestimmung der Korrekturgröße aus dem Schätzwert des Signalmaximums in der Detektionseinrichtung gespeichert.

30 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird beim Ermitteln der Korrekturgröße aus dem Schätzwert des Signalmaximums der Abtastpunkt und die geschätzte Amplitude des Signalmaximums berechnet.

35 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Nachbildungssignal aus einer Faltung einer reduzierten Impulsantwort der ersten Filtereinrichtung und der Interpolationseinrichtung mit zweiter Filtereinrichtung mit dem Ausgangssignal der IFT-Einrichtung oder dem korrigierten Signal, wenn eine Iteration durchlaufen wird, berechnet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden für die Faltung die ersten 20% der Abtastwerte der Impulsantwort der ersten Filtereinrichtung und die mittleren 60% der Abtastwerte der Impulsantwort der Interpolationseinrichtung mit zweiter Filtereinrichtung eingesetzt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Ausgangssignal der zweiten Filtereinrichtung in einem D/A-Wandler und einer weiteren Filtereinrichtung gewandelt und gefiltert, bevor es einer Verstärkereinrichtung zugeführt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden als erste Filtereinrichtung ein Hochpassfilter, als zweite Filtereinrichtung ein Tiefpassfilter und als weitere Filtereinrichtung ebenfalls ein Tiefpassfilter eingesetzt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden als erste Filtereinrichtung ein IIR-Hochpassfilter vierter Ordnung und als zweite Filtereinrichtung ein FIR-Interpolationsfilter eingesetzt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist das Signal ein DMT- oder OFDM-Signal.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild zur Erläuterung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2a,b zwei schematische Funktionsschaubilder zur Erläuterung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei Fig. 2a die Impuls-

antwort eines IIR-Hochpassfilter vierter Ordnung und Fig. 2b die Impulsantwort eines FIR-Interpolationsfilters verdeutlicht;

- 5    Fig. 3    ein schematisches Signaldiagramm zur Erläuterung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und
- 10    Fig. 4    ein Blockschaltbild zur Erläuterung einer bekannten Vorgehensweise.

In den Fig.en bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Bestandteile.

- 15    Im Blockschaltbild gemäß Fig. 1 wird ein Datenstrom 10 einer IFT-Einrichtung 11 zugeführt, in welcher eine inverse Fourier-Transformation, beispielsweise eine inverse Fast-Fourier-Transformation, des Signals 10 durchgeführt wird. Das transformierte Ausgangssignal 12 ein Multiträgersignal, wie
- 20    z.B. ein DMT- oder OFDM-Signal, wird dann, falls erforderlich in einer PAR-Reduktionseinrichtung 20 im Crestfaktor, das heißt im Verhältnis des Signalmaximalwertes zur Signalstandardabweichung reduziert. An die PAR-Reduktionseinrichtung 20 schließt sich eine Filtereinrichtung 13 an, welche ein gefiltertes Ausgangssignal 14 ausgibt. Dieses gefilterte Ausgangssignal 14 wird dann in einer ersten Interpolationseinrichtung
- 25    15 beispielsweise einer Interpolationsstufe mit einem nachgeschalteten Tiefpassfilter interpoliert, d.h. es wird eine vorbestimmte Anzahl von Nullen zwischen aufeinanderfolgende
- 30    Abtastwerte eingefügt, wobei in der integrierten Tiefpassfiltereinrichtung dadurch entstehende gespiegelte Nebenbänder des gefilterten Signals 14 unterdrückt werden. Am Ausgang der ersten Interpolationseinrichtung wird somit ein interpoliertes und gefiltertes Signal 150 generiert.

35

Daran schließt sich vorzugsweise eine zweite Interpolationseinrichtung 15' an, in welcher das interpolierte und gefil-

terte Ausgangssignal 150 der ersten Interpolationseinrichtung 15 nochmals hochgetastet, das heißt überabgetastet wird, wobei eine zweite vorbestimmte Anzahl von Nullen zwischen benachbarte Abtastwerte des bereits interpolierten Signals der Interpolationseinrichtung 15 eingefügt werden. Auch in der zweiten Interpolationseinrichtung 15' erfolgt eine Tiefpassfilterung zur Eliminierung unerwünschter Nebenbänder. Vorzugsweise werden in der zweiten Interpolationseinrichtung 15' mehr Nullen zwischen benachbarte Abtastwerte eingefügt wie in der ersten Interpolationseinrichtung 15. Das interpolierte Ausgangssignal 16 der zweiten Interpolationseinrichtung 15 wird daraufhin in einer Wandlereinrichtung 17 mit Tiefpassfilter in ein analoges Signal umgewandelt und gefiltert und somit ein gefiltertes analoges Ausgangssignal 18 erzeugt, das in einer nachfolgenden Verstärkereinrichtung (nicht dargestellt) verstärkt und über eine Sendeeinrichtung (nicht dargestellt) übertragbar ist.

Um nun den Crestfaktor des analogen Ausgangssignals 18 zu reduzieren wird gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Fig. 1 das transformierte Ausgangssignal 12 der IFT-Einrichtung 11 über eine erste Steuereinrichtung 21 einer Speichereinrichtung 22 zugeführt und dort zwischengespeichert. Die Steuereinrichtung 21 dient zusammen mit einer zweiten Steuereinrichtung 23 dem Durchführen von Iterationen über eine Verbindungseinrichtung 24 in der PAR- Reduktionseinrichtung 20, wenn ein korrigiertes Ausgangssignal 25 noch nicht einen vorbestimmten Crestfaktor unterschreitet. Darüber hinaus sind die Steuereinrichtungen 21 und 23 auch derart ansteuerbar, das korrigierte Ausgangssignal 25 der PAR- Reduktionseinrichtung 20 weiterzuleiten, wenn eine vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen ist.

Das transformierte Ausgangssignal 12 der IFT-Einrichtung 11 oder, wenn eine Iteration durchlaufen wird, das crestfaktor-korrigierte Signal 25 werden einer Interpolationseinrichtung 15'' zugeführt. In dieser Interpolationseinrichtung 15'' wer-

den die gleiche vorbestimmte Anzahl von Nullen zwischen benachbarte Abtastwerte eingefügt, wie in der Interpolationseinrichtung 15, wobei jedoch eine Tiefpassfilterung unterbleibt. Ein somit aus den Signalen 12 oder 25 erzeugtes Signal 26 wird dann einer Filternachbildungs- bzw. Filterschätzeinrichtung 27 zugeführt. In dieser Filterschätzeinrichtung wird sowohl der Einfluss der ersten Filtereinrichtung 13, als auch der zweiten Filtereinrichtung in der Interpolationseinrichtung 15 geschätzt.

Dabei wird zur Reduktion des Rechenaufwands jedoch nicht ein genaues Abbild der Impulsantwort der beteiligten ersten und zweiten Filtereinrichtung 13, 15 miteinbezogen, sondern die entsprechenden Impulsantworten werden in der Filterschätzeinrichtung 27 lediglich approximiert. Um den Einfluss der ersten und zweiten Filtereinrichtung des Hochpassfilters 13 und des Tiefpassfilters der Interpolationseinrichtung 15 auf das transformierte Signal 12 bzw. das korrigierte Signal 25 abschätzen zu können, erfolgt z.B. eine Faltung mit einer verkürzten Impulsantwort der entsprechenden ersten und zweiten Filtereinrichtung mit dem interpolierten, d.h. mit zusätzlichen Nullen zwischen benachbarten Abtastwerten versehenen, Signals 26. Zur Erläuterung der Filterapproximation wird nun ein Bezug zu Fig. 2a und 2b hergestellt, in welchen zwei exemplarische Impulsantworten verdeutlicht sind.

Fig. 2a zeigt eine exemplarische, abgetastete Impulsantwort der ersten Filtereinrichtung 13, z.B. eines IIR- Hochpassfilters vierter Ordnung, wobei ersichtlich ist, dass nachfolgende Maximalwerte lediglich durch die ersten der Koeffizienten 40 des Filters bestimmt werden. Darüber hinaus kann die Bitbreite der Koeffizienten 40 und auch des Eingangssignals verringert werden, um den Rechenaufwand in der Filterschätzeinrichtung 27 gemäß Fig. 1 zu reduzieren. In dem Beispiel gemäß Fig. 2a reicht es aus, die ersten vier Koeffizienten mit einer verringerten Auflösung für die Schätzung des Ausgangsmaximalwertes heranzuziehen.

Ähnliches gilt auch für die zweite Filtereinrichtung der Interpolationseinrichtung 15 gemäß Fig.1. Eine exemplarische Impulsantwort dieser zweiten Filtereinrichtung, z.B. ein FIR-  
5 Interpolationsfilter, ist in Fig. 2b dargestellt. Hier werden im Wesentlichen die Koeffizienten 40 in der Mitte des Filters benötigt, das heißt die ersten ca. 15 Koeffizienten 40, sowie die letzten 15 Koeffizienten 40 sind redundant. Setzt man  
10 derart verkürzte Impulsantworten zur Approximation ein, so ist nur noch ein kleinerer Rechenaufwand erforderlich und es besteht entsprechend die Möglichkeit pro Datenrahmen mehr Iterationen zu berechnen.

Wieder mit Bezug auf Fig. 1 wird ein Ausgangssignal 28 bzw.  
15 Nachbildungssignal der Filterschätzeinrichtung 27, in welchem der approximierte Einfluss der Filter 13, 15 auf das transformierte Signal 12 oder das korrigierte Signal 25 enthalten ist, einer Detektionseinrichtung 29 zugeführt. In der Detektionseinrichtung 29 zur Maximumbestimmung des Signals 28 werden  
20 lediglich Signalwerte berücksichtigt, welche über einer vorbestimmten Amplitude, das heißt über einem vorbestimmten Schwellwert, liegen. Aus diesen Signalwerten, welche über dem Schwellwert liegen, werden sukzessive z.B. beim höchsten Signalwert beginnend die entsprechenden Abtastwerte ermittelt.  
25 Die Position, das heißt der konkrete Abtastwert mit der höchsten Amplitude, wird jeweils in der Detektionseinrichtung 29 detektiert. Diese Abtastposition oder Abtastpositionen, das heißt jeweils die genaue Lage des jeweiligen Abtastwerts im Datenrahmen des Signals 28 wird über die Verbindung 30 an  
30 eine Dirac-Speichereinrichtung 31 weitergegeben. In dieser Dirac-Speichereinrichtung 31 ist eine Dirac-ähnliche Funktion normiert auf die maximale Amplitude 1 gespeichert.

Ein oder mehrere in der Detektionseinrichtung 29 bestimmte  
35 aus den Signalmaxima abgeleitete Korrekturgrößen 32 (gegebenenfalls derart modifiziert, daß das geschätzte Signalmaximum um einen Schwellwert reduziert und mit einem Faktor zwischen

0 und 1 multipliziert ist) werden dann mit der Dirac- ähnlichen auf die maximale Amplitude 1 normierten Funktion 33 multipliziert und daraufhin von dem in der Speichereinrichtung 22 gespeicherten Signal, d.h. entweder dem transformierten  
5 Signal 12 oder, wenn eine Iterationsschleife durchlaufen wird, dem bereits korrigierten Signal 25 abgezogen. Auf diese Weise wird der Crestfaktor also das Verhältnis des Signalmaximums zur Signalstandardabweichung in der PAR-Einrichtung 20 herabgesetzt und ein korrigiertes Signal 25 mit einem herab-  
10 gesetzten Crestfaktor erzeugt.

Über die Steuereinrichtung 23, die Verbindungseinrichtung 24 und die Steuereinrichtung 21 kann nun das korrigierte Signal 25 wiederum einen Reduktionsvorgang durchlaufen (Iteration),  
15 wie im vorangehenden bereits mit Bezug auf das transformierte Signal 12 beschrieben. Um den Rechenaufwand in der PAR- Einrichtung 20 zu reduzieren, wird erfindungsgemäß aufgrund der Filterapproximation pro Iterationsdurchgang ein Signalmaximum mit lediglich geschätzter Amplitude nach dem Durchlaufen der  
20 Filter 13 und 15 angenähert durch die Blöcke 15'' und 27 vom ursprünglichen Signal 12 oder bereits korrigierten Signal 25 abgezogen.

In Fig. 3 ist ein exemplarisches, abgetastetes Signal mit einem Dirac-ähnlichen Impuls 41 normiert auf die Amplitude 1 dargestellt. Zum Herabsetzen des Hardware-Aufwands kann beispielsweise auch die Symmetrie des Signals gemäß Fig. 3 ausgenutzt werden, um z.B. nur eine Hälfte der Abtastwerte abzu-  
25 speichern.

30

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend mit Bezug auf eine DMT- oder OFDM-Sendeeinrichtung beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern grundsätzlich auf beliebige Multiträgersignale zur Verringerung des Crestfaktors bzw. der  
35 Peak-to-Average-Ratio anwendbar.

Eine Interpolationseinrichtung 15 und folglich auch an der Interpolationsnachbildung 15'' erfolgt vorzugsweise ein möglichst niedriges Überabtasten beispielsweise zwei- oder vierfach, um die Rechenzeit zu optimieren. Der Einfluss der zweiten Interpolationseinrichtung 15' mit entsprechendem Tiefpassfilter und auch der D/A-Wandlereinheit 17 mit Tiefpassfilter wurde aufgrund seines geringen Einflusses nicht in die PAR-Reduktion mit einbezogen, ist aber grundsätzlich ebenfalls mit approximierten Filterimpulsantworten in der PAR-Reduktionseinrichtung 20 möglich.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multi-trägersignals mit den Schritten:

5

(a) Transformieren eines Signals (10) mit einer IFT-Einrichtung (11);

10

(b) Interpolieren und Filtern des Ausgangssignals (14) der ersten Filtereinrichtung (13) mit einer Interpolations-einrichtung (15), die eine zweite Filtereinrichtung aufweist;

15

(c) Ermitteln eines Schätzwertes eines Signalmaximums des interpolierten und gefilterten Ausgangssignals (150, 16) aus dem eine Korrekturgröße (32) abgeleitet wird;

20

(d) Korrigieren des Ausgangssignals (12) der IFT-Einrichtung (11) mit der aus dem ermittelten Schätzwert des Signalmaximums abgeleiteten Korrekturgröße (32); und

25

(e) iteratives Wiederholen der Schritte (c) und (d) mit einem bereits korrigierten Ausgangssignal (25) bis eine vorbestimmte Iterationsanzahl und/oder ein vorbestimmter Crestfaktor erreicht ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

30

dass zwischen Verfahrensschritt (a) und (c) ein Filtern des Ausgangssignals (12) der IFT-Einrichtung (11) mit einer ersten Filtereinrichtung (13) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

35

dass beim Ermitteln der Korrekturgröße (32) aus dem Schätzwert des Signalmaximums des interpolierten und gefilterten Ausgangssignals (150, 16) das Ausgangssignal (12) der IFT-

Einrichtung (11) oder gegebenenfalls das korrigierte Ausgangssignal (25), wenn eine Iteration durchlaufen wird, in einer Speichereinrichtung (22) einer PAR-Reduktionseinrichtung (20) zwischengespeichert wird.

5

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass beim Ermitteln der Korrekturgröße (32) aus dem Schätzwert des Signalmaximums des interpolierten und gefilterten  
10 Ausgangssignals (150, 16) das Ausgangssignal (12) der IFT-Einrichtung (11) oder gegebenenfalls das korrigierte Ausgangssignal (25), wenn eine Iteration durchlaufen wird, in einer Nachbildungseinrichtung (15'', 27) der Einfluss einer ersten Filtereinrichtung (13) und der Interpolationseinrichtung (15),  
15 welche eine zweite Filtereinrichtung aufweist, auf das Ausgangssignal (12) der IFT-Einrichtung (11) oder auf das korrigierte Signal (25) abgeschätzt wird, um ein Nachbildungssignal (28) in der PAR-Reduktionseinrichtung (20) zu erzeugen.

20

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass aus dem Nachbildungssignal (28) in einer Detektionseinrichtung (29) der PAR-Reduktionseinrichtung (20) die Korrekturgröße (32) aus dem Schätzwert des Signalmaximums bestimmt  
25 wird, welche mit einem normierten Dirac- ähnlichen Signal (33) abtastpositions-synchronisiert multipliziert wird, wobei das Multiplikationsergebnis mit dem in der Speichereinrichtung (22) zwischengespeicherten Signal (12; 25) summiert  
30 wird.

30

6. Verfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass in einem Iterationsschritt mehrere Korrekturgrößen (32)  
35 aus dem Schätzwert des Signalmaximums ermittelt und mit dem in der Speichereinrichtung (22) zwischengespeicherten Signal (12; 25) summiert werden.

35

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei der Ermittlung des Schätzwertes in der PAR-

5 Reduktionseinrichtung (20) die Bitbreite und somit die Auflösung des Ausgangssignals (12) der IFT-Einrichtung (11) reduziert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 4,

10 dadurch gekennzeichnet,  
dass nur eine Hälfte der Abtastwerte des nachgebildeten Signals (28) zur Bestimmung der Korrekturgröße (32) aus dem Schätzwert des Signalmaximums in der Detektionseinrichtung (29) gespeichert werden.

15

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass beim Ermitteln der Korrekturgröße (32) aus dem Schätzwert des Signalmaximums der Abtastpunkt und eine geschätzte  
20 Amplitude des Signalmaximums berechnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das Nachbildungssignal (28) aus einer Faltung einer verkürzten Impulsantwort der ersten Filtereinrichtung (13) und  
25 einer reduzierten Impulsantwort der Interpolationseinrichtung (15), welche eine Filtereinrichtung aufweist, mit dem Ausgangssignal (12) der IFT-Einrichtung (11) oder dem korrigierten Signal (25), wenn eine Iteration durchlaufen wird,  
30 berechnet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,  
dass für die Faltung die ersten 20% der Abtastwerte der Impulsantwort der ersten Filtereinrichtung (13) und die mittleren 60% der Abtastwerte der Impulsantwort der Interpolations-

35

einrichtung (15) mit zweiter Filtereinrichtung eingesetzt werden.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
5   dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ausgangssignal (16) der zweiten Filtereinrichtung  
(15) in einem D/A-Wandler und einer weiteren Filtereinrich-  
tung (17) gewandelt und gefiltert wird, bevor es einer Ver-  
stärkereinrichtung zugeführt wird.

10

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als erste Filtereinrichtung (13) ein Hochpassfilter, als  
zweite Filtereinrichtung (15) ein Tiefpassfilter und als wei-  
15   tere Filtereinrichtung (17) ein Tiefpassfilter eingesetzt  
werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
20   dass als erste Filtereinrichtung (13) ein IIR- Hochpassfilter  
4. Ordnung und als zweite Filtereinrichtung (15) ein FIR-  
Interpolationsfilter eingesetzt werden.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
25   dadurch gekennzeichnet,  
dass das Signal (10) ein DMT- oder OFDM-Signal ist.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors eines Multiträgersignals mit den

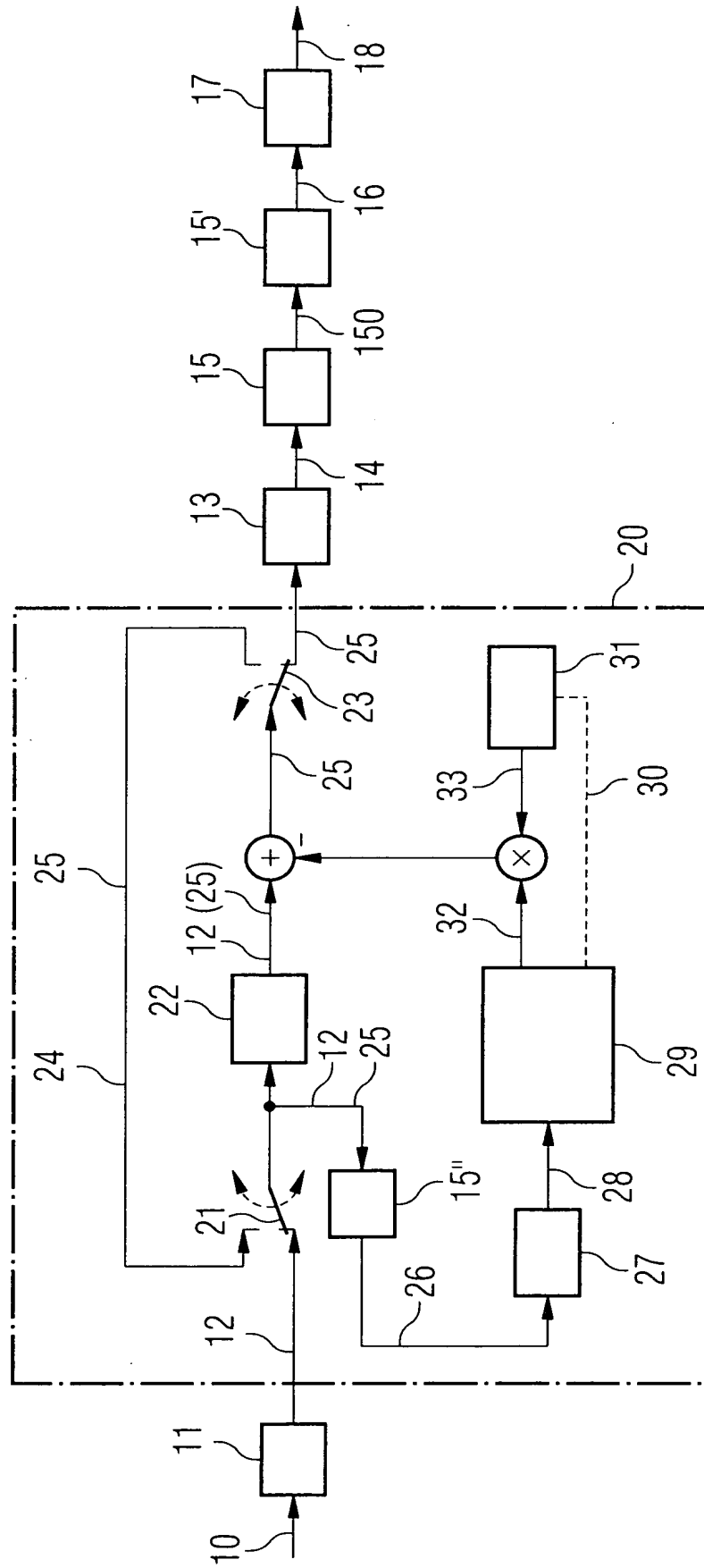
5 Schritten bereit: (a) Transformieren eines Signals (10) mit einer IFT-Einrichtung (11); (b) Interpolieren und Filtern des Ausgangssignals (12, 14) mit einer Interpolationseinrichtung (15), die eine Filtereinrichtung aufweist; (c) Ermitteln eines Schätzwertes eines Signalmaximums des interpolierten und

10 gefilterten Ausgangssignals (150, 16) aus dem eine Korrekturgröße (32) abgeleitet wird; (d) Korrigieren des Ausgangssignals (12) der IFT-Einrichtung (11) mit der aus dem ermittelten Schätzwert des Signalmaximums abgeleiteten Korrekturgröße (32); und (e) iteratives Wiederholen der Schritte (c) und (d)

15 mit einem bereits korrigierten Ausgangssignal (25) bis eine vorbestimmte Iterationsanzahl und/oder ein vorbestimmter Crestfaktor erreicht ist.

20 Fig. 1

FIG 1



## Bezugszeichenliste

|    |      |  |
|----|------|--|
|    | 10   | Datenstrom (Signal)  |
|    | 11   | IFT-Einrichtung (Inverse Fourier Transformation)                       |
| 5  | 12   | transformiertes Ausgangssignal, z.B. DMT- oder OFDM-Signal             |
|    | 13   | Filtereinrichtung, z.B. Hochpassfilter                                 |
|    | 14   | gefiltertes Ausgangssignal   |
|    | 15   | Interpolationseinrichtung, z.B. Stufe mit TP-Filter                    |
| 10 | 15'  | Interpolationseinrichtung, z.B. Stufe mit TP-Filter                    |
|    | 15'' | Interpolationseinrichtung, z.B. Stufe ohne TP-Filter                   |
|    | 150  | interpoliertes und gefiltertes Signal                                  |
|    | 16   | interpoliertes und gefiltertes Signal                                  |
|    | 17   | Wandlereinrichtung mit Tiefpassfilter                                  |
| 15 | 18   | Wandlerausgangssignal  |
|    | 20   | PAR-Reduktionseinrichtung  |
|    | 21   | Steuereinrichtung  |
|    | 22   | Speichereinrichtung (Buffer)   |
|    | 23   | Steuereinrichtung  |
| 20 | 24   | Verbindungseinrichtung   |
|    | 25   | Crestfaktor-korrigiertes Signal  |
|    | 26   | interpoliertes Signal (nicht TP-gefiltert)                             |
|    | 27   | Filternachbildungseinrichtung (Filterschätzeinrichtung)                |
|    | 28   | Nachbildungssignal (Signal mit geschätztem Einfluss der Filter 13, 15) |
| 25 | 29   | Detektionseinrichtung zur Maximumbestimmung                            |
|    | 30   | Verbindungseinrichtung   |
|    | 31   | Dirac-Speichereinrichtung  |
|    | 32   | Korrekturgröße (aus einem geschätzten Signalmaximum abgeleitet)        |
| 30 | 33   | Dirac-ähnliche Funktion normiert auf die Länge 1                       |
|    | 40   | abgetastete Filterkoeffizienten  |
|    | 41   | Dirac-ähnlicher Impuls   |

FIG 1

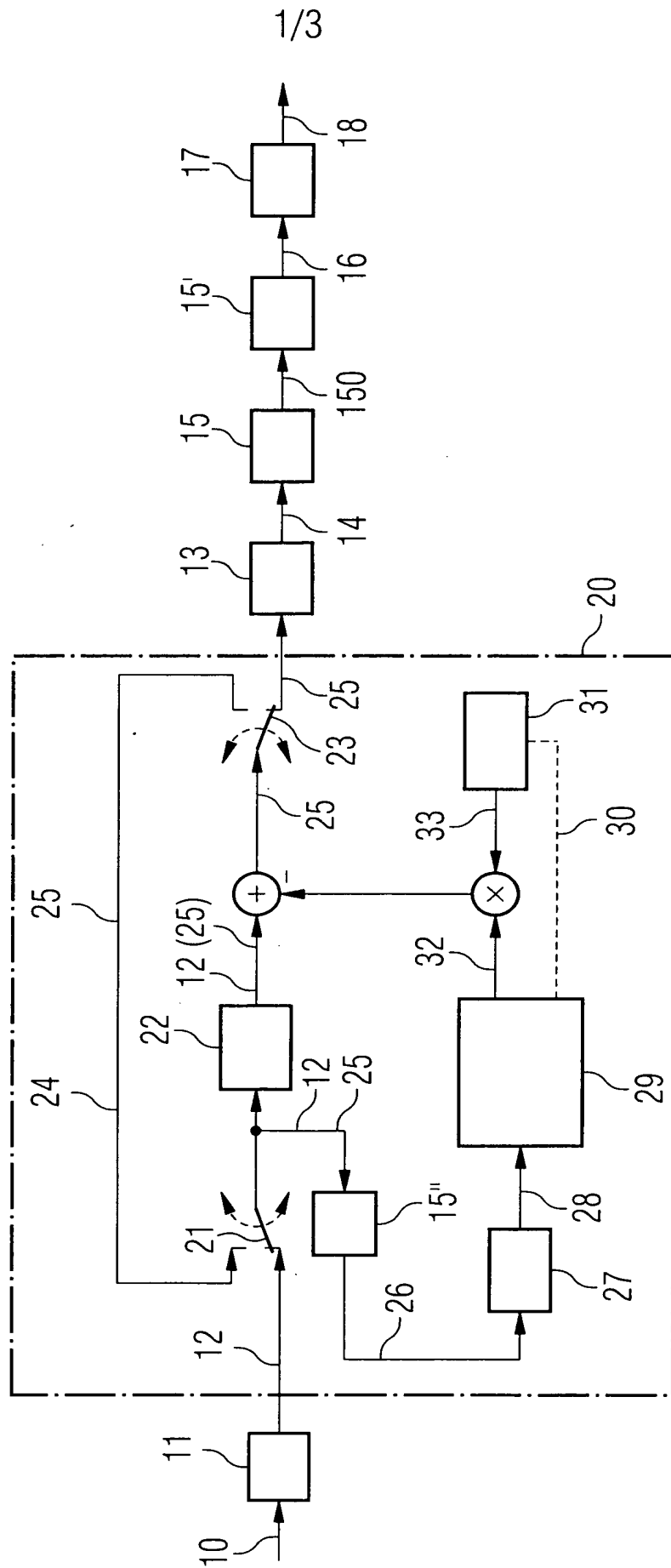


FIG 2A

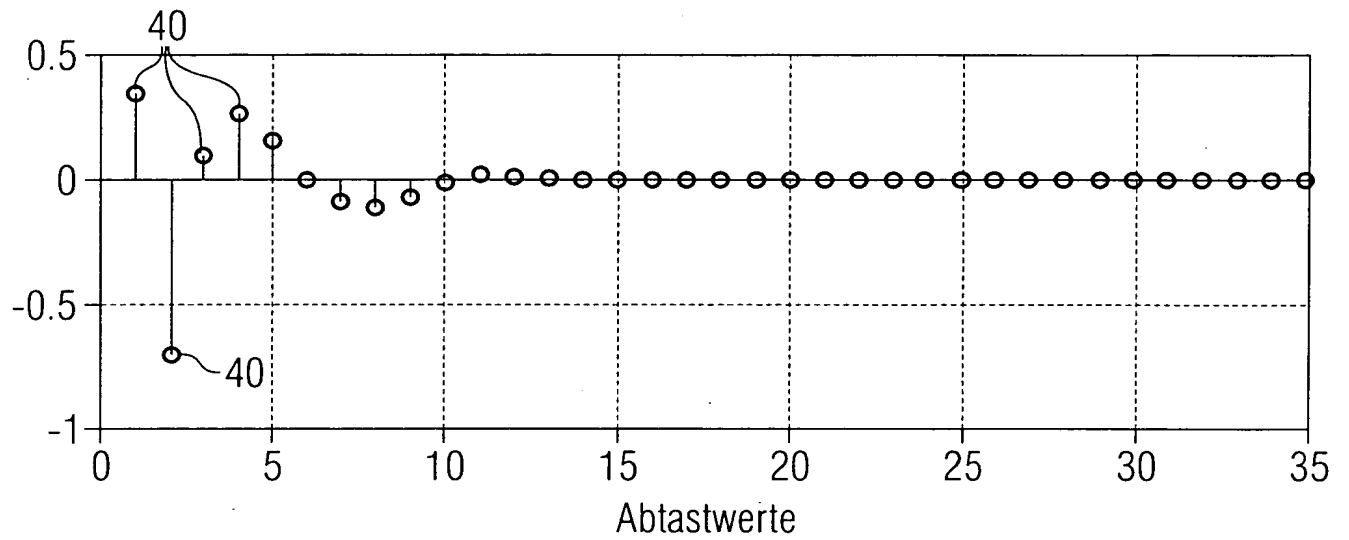


FIG 2B

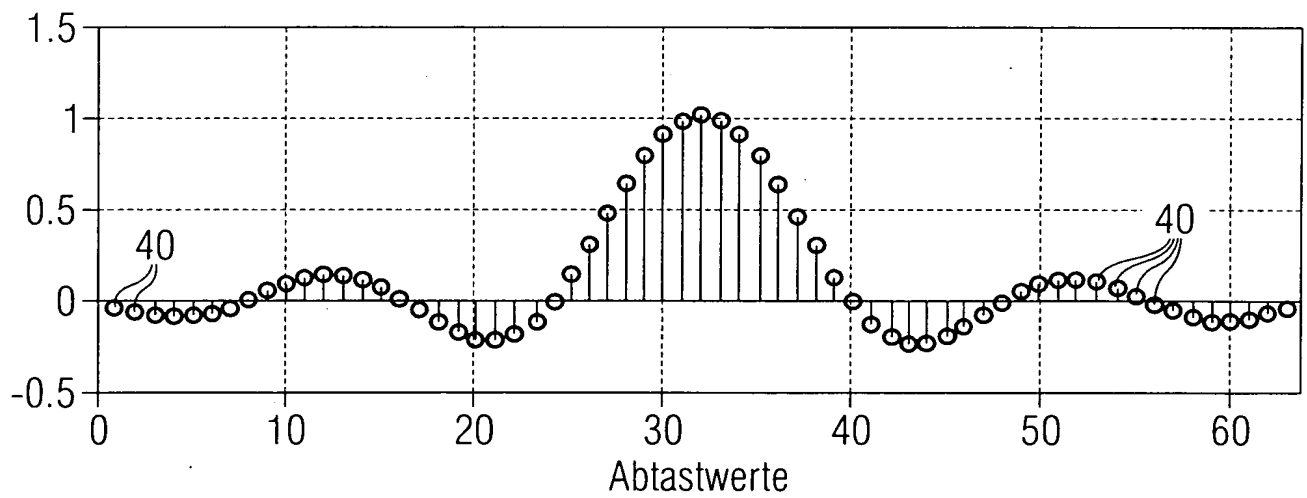


FIG 3

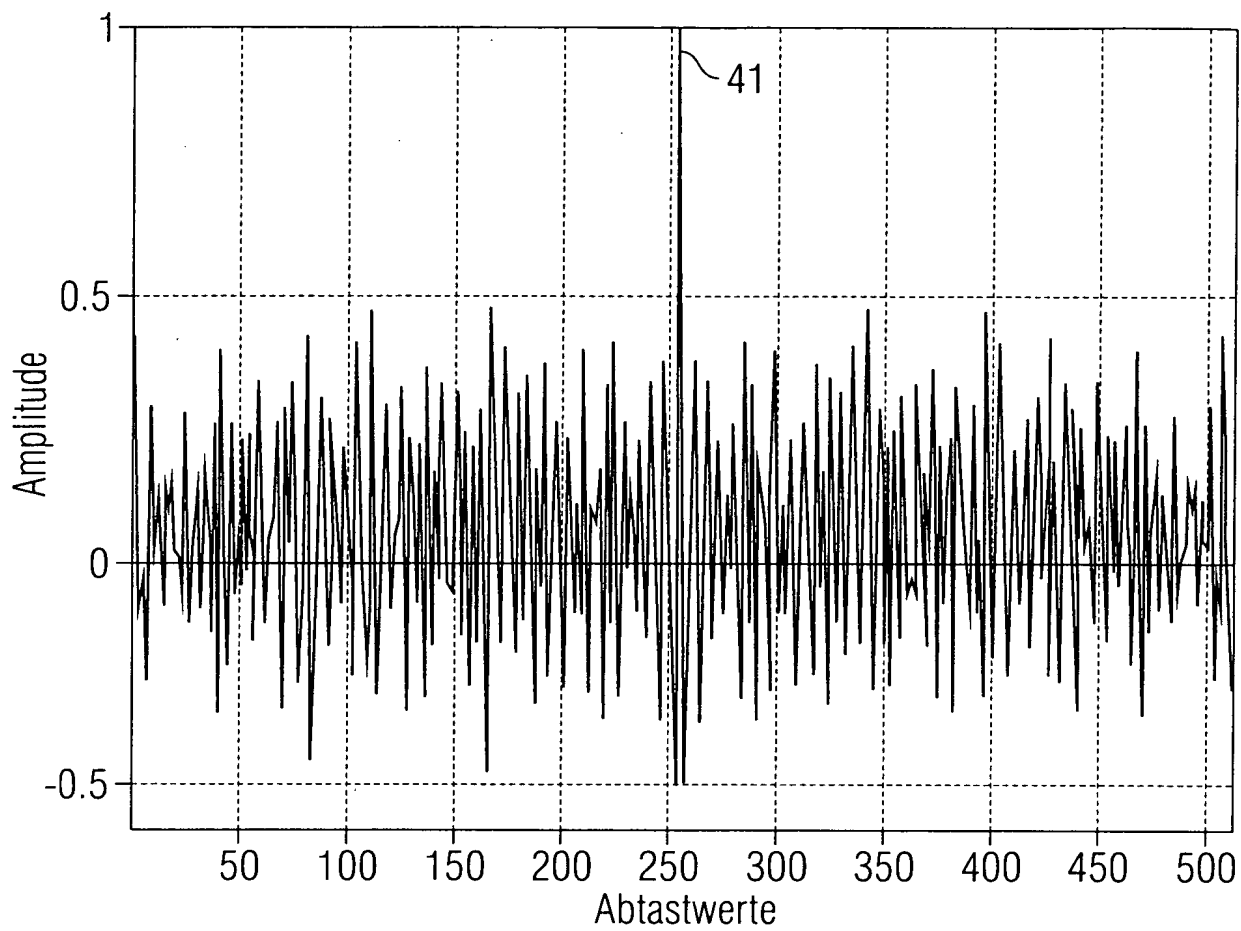


FIG 4

